近年來我國重大疫病之研究

安寶貞[1,3]、劉瑞芬[2]、蔡志濃[1]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組

[2] 國立台灣大學植物病理與微生物學系

[3] 聯絡作者，電子郵件信箱：pjann@tari.gov.tw

摘　要

疫病菌 (*Phytophthora* deBary) 為植物強敵，目前發表之有效種 (species) 約有百餘種，存在台灣的約有 30 種，近年在台灣造成重大疫情者包括 (1) *Phytophthora infestans* US11 菌系釀成之馬鈴薯與番茄晚疫病；(2) *P. citrophthora* 新菌系引起之金柑疫病；及 (3) *P. capsici* 同絲配對型 (具 A^2 配對型之傾向) 崛起，造成之茄科與瓜類疫病。茲說明如下：(1) 台灣自 1997 年 12 月在台中后里地區爆發嚴重之馬鈴薯與番茄晚疫病後，兩個月內病害遍及全台，並導致馬鈴薯栽培區南移至斗南地區，目前已經證實病害發生係因強毒性菌株 US11 入侵之結果，該菌系為 A^1 配對型、致病性強、生長快速 (於最適溫 20℃時，新菌系直線生長速率平均為 5.15 mm、舊菌系為 2.68 mm)、耐高溫 (新菌系最高生長溫度 27-29℃、舊菌系 24-25℃)、及抗多種化學農藥 (滅達樂【metalaxyl】對新菌系菌絲生長抑制濃度(LD50)為 200-400 ppm、舊菌系為 0.005-0.001 ppm，抗藥性提高 4-40 萬倍)。(2) 宜蘭地區之金柑，於 1995-1997 年，爆發植株大量急速萎凋與死亡現象，伴隨嚴重之枝枯、流膠、落葉與落果，受害地區高達 80%以上。分離到相關性最高的病原菌為柑橘疫病菌 (*P. citrophthora*)，但為害金柑之菌系與一般為害柑橘屬的 *P. citrophthora* 菌系有很大差異。在寄主專一性方面，金柑屬疫病菌系不會造成柑橘屬植株死亡，反之亦然；此外，兩者之菌落型態不同，菌絲蛋白電泳圖譜略異，核醣體內轉錄區間 ITS (ITS1-5.8S rDNA-ITS2) 的基因序列亦略異。金柑菌系的 ITS 序列長度均為 779 bp，且全部序列相同；

β 微管蛋白(β-tubulin) 的部份 DNA 序列(長度 651 bp)亦完全相同，所有菌株似源自單一菌株；柑橘屬菌系 ITS 全長為 782、783 或 784 bp，與柑橘菌系相比，所有金柑菌系在 ITS1 區域有 4 處鹼基對缺遺與 2 處鹼基置換，而在 ITS2 區有 6 處鹼基置換。顯示台灣之金柑疫病非由本土柑橘屬菌系引起。(3) 番椒疫病菌 (*P. capsici*) 在台灣的記錄一直為 A^1 配對型，直到 2007 年 4 月首度發現同絲型出現，目前 (2010 年) 同絲型已遍佈全台，僅高山地區尚可分離到 A^1 型。與 A^1 菌系比較，同絲型新菌系除會形成卵胞子外，其胞囊較狹長且脫落率較高、產胞較嗜高溫 (同絲型產胞最適溫為 28-32℃，A^1 菌系大部分為 24℃)、且毒性較強。比較分析同絲型番椒疫病菌系間之親緣關係，ITS 序列全長均為 753 bp，有 6 處相異，可以分為 3 群；β 微管蛋白(β-tubulin) 的部份 DNA 序列(長度 651 bp)，亦有 8 處相異，可以分為 9 群。從以上特性尚無法判斷台灣 A^2 菌株崛起之原因。

關鍵詞： 重大疫病，晚疫病、金柑疫病、番椒疫病、*Phytophthora infestans* US11, *P. citrophthora* 金柑菌系, *P. capsici* 同絲型

緒　言

疫病菌 (*Phytophthora* deBary) 為世界上最重要之植物病原菌之一，危害作物千種 (species) 以上，在國際上曾釀成重大疫情，對經濟、景觀及生態都造成莫大的影響[16]。該菌之現代分類屬於藻菌界 (Stramenopila)、卵球菌門 (Oomycota)、卵球菌綱 (Oomycetes)、露菌目 (Peronosporales)、腐霉菌科 (Pythiaceae)、疫病菌屬。目前世界上已發現且可被接受之有效種 (species) 約有 116 種[19, 安等未發表資料]，其中在 2000 年之前命名的有 55 種，在本世紀 (至 2010 年 9 月止) 才被發現的有 61 種，速度相當驚人，存在台灣的疫病菌約有 30 種 (表一)[23, 安等未發表資料]。

表一、台灣疫病菌的種類與發現年代

Table 1. List of *Phytophthora* species found in Taiwan

Species	Recorded year	Hosts
1. *P. amaranthi*	2007	莧菜
2. *P. arecae* (Coleman) Pethybridge	1995	檳榔
3. *P. boehmeriae* Sawada	1927	a
4. *P. cactorum* (Lebert & Cohn) Schroeder	1927	草莓、一葉蘭
5. *P. capsici* Leonian	1977	茄科、瓜類、枸醬、花卉
6. *P. cinnamomi* Rands	1965	酪梨、鳳梨、杜鵑、蘇鐵、苗木
7. *P. citricola* Sawada	1927	柑橘
8. *P. citrophthora* (R.E. Smith & E.H.smith) Leonian	1915	柑橘、金柑、番荔枝、桃、花卉
9. *P. cambivora*	2004	山櫻花
10. *P. colocasiae* Raciborski	1911	芋
11. *P. cryptogea* Pethybridge & Lafferty	1978	非洲菊、菊科、中草藥
12. *P. cyperi* (Ideta) Ito	1908	a
13. *P. drechsleri* Thompaon	1977	b
14. *P. heveae* Thompson	1980	a
15. *P. humicola* Ko & Ann	1985	a
16. *P. infestans* (Montagne) de Bary	1908	番茄、馬鈴薯
17. *P. insolita* Ann & Ko	1979	a
18. *P. katsurae* Ko & Chang	1979	a
19. *P. lateralis* (Tucker & Milbrath)	2009	林木
20. *P. leersiae* Sawada	1919	a
21. *P. lepironae* Sawada	1941	a
22. *P. macrospora* (Saccardo) Ito &Tanaka	1927	a

Species	Recorded year	Hosts
23. P. melonis Katsura	1979	瓜類
24. P. multivesiculata Ilieva, Man in 't Veld, Veenbaas-Rijks & Pieters	1997	虎頭蘭
25. P. meadii McRae	1997	海芋、鶯歌桃
26. P. nicotianae Breda de Haan (*P. parasitica* Dasturr)	1942	柑橘、鳳梨、百香果、煙草、茄、花卉
27. P. palmivora (E. Butler) E. Butler	1974	柑橘、木瓜、蓮霧、印度棗、花卉
28. P. tropicalis Aragaki & Uchida	2003	觀賞植物
29. P. vignae Purss	1977	豇豆、豌豆
30. P. cactorum x P. parasitica	1995	枇杷、草莓

a. 腐生或在台灣為非重要病原菌。
b. 是否存在台灣尚未確定。

由於台灣高溫多濕，有利於疫病胞囊與游走子之形成與傳播，且冬季又缺乏低溫來降低土壤中之病原菌的密度，因此新疫病菌一旦入侵常導致重大的經濟損失。近 20 年來我國由疫病菌新菌系(含新種) 造成之重大疫病(為害面積在 20%以上)，依發生年代先後，包括：(1) 金柑疫病 (1995)，由 *P. citrophthora* 金柑菌系引起[3; 12]；(2) 馬鈴薯與番茄晚疫病 (1997)，由 *P. infestans* US11 菌系引起[24]；(3) 莧菜疫病 (2007)，由 *P. amaranthi* 引起[2]；及 (4) 茄科與瓜類疫病 (2007)，由同絲型 *P. capsici* 引起等[1,4]。本文在此簡介馬鈴薯與番茄晚疫病、金柑疫病及茄科與瓜類疫病等三種病害之發生與診斷鑑定。

馬鈴薯與番茄晚疫病

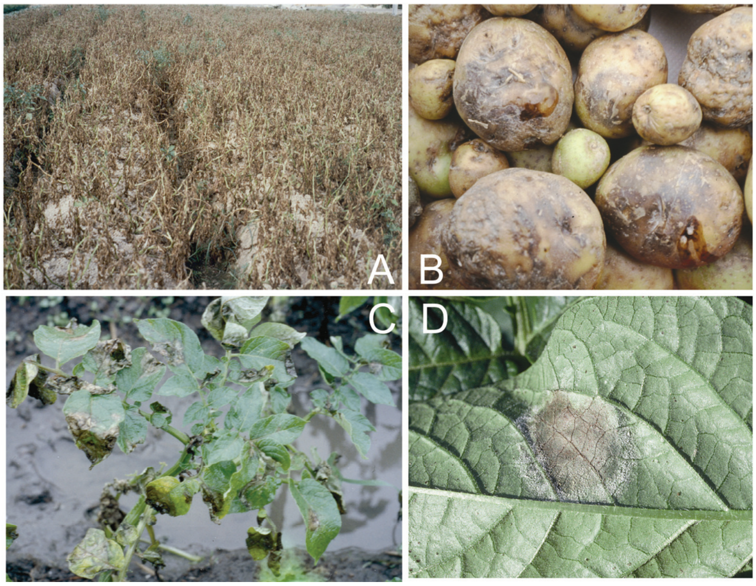
國外病害發生簡介

據推論，馬鈴薯晚疫病之發源地為墨西哥中部[18]，於 1843 年經由美國北部東海岸傳播至北歐，而於 1845-46 爆發世紀著名之馬鈴薯晚疫病，幾乎

摧毀了整個歐洲的馬鈴薯產業，造成 18 世紀恐怖大飢荒，且導致百萬人口的遷徙[15]。一個半世紀後 (1980 年以後)，病害捲土重來，在世界各馬鈴薯與番茄產區氾濫成災，造成嚴重疫情，研究結果顯示主要是因晚疫病菌 (*Phytophthora infestans* deBary) A^2 配對型 (mating type) 與同絲型 (homothallic) 菌系 (strain) 崛起之故[17]。在 1980 年代之前，從歐洲與美加等地區收集到之晚疫病菌菌株大都屬於 A^1 配對型；然而 1984 年以後，歐美各國陸續出現 A^2 配對型或同絲型的菌株，而且強抗滅達樂農藥，導致疫情嚴重。世界各先進國家對晚疫病之族群分佈與變異情形十分關注，陸續開發出多種分子標記，包括同種異型酶譜 (allozyme patterns of glucose-6-phosphate isomerase-Gpi, malic enzyme-Me, and peptidase-Pep)[27]、粒線體 DNA 限制片段長度多型性 (mitochondrial restriction fragment length polymorphism)[21] 及 DNA 指紋分析 (DNA fingerprint analysis) 等。DNA 指紋分析所使用之核酸探針是 Goodwin *et al.*[20]等人自晚疫病菌基因庫篩選出來的一段 DNA，能夠辨識至少 25 個之基因座 (genetic loci)。研究顯示，根據上述分子標記之呈現情形，可將世界各地收集之晚疫病菌菌株區分為多個基因型 (genotype)，也可以用來追蹤菌系的流向與親緣關係。

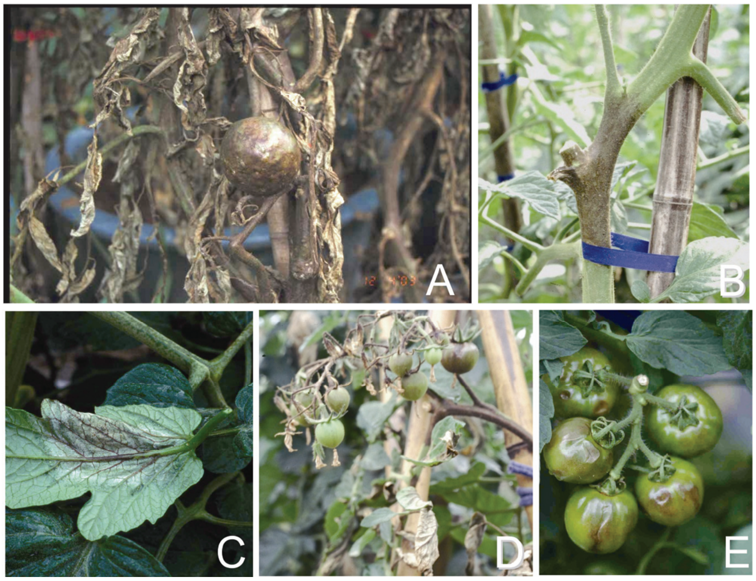
晚疫病菌之特性與病害史

晚疫病的主要寄主為馬鈴薯與番茄，病菌可為害寄主全株 (圖一&二)。在馬鈴薯上，造成葉枯、莖腐及薯塊腐敗，嚴重時如火燒狀；侵染番茄時，引起花器枯萎、果實腐敗、葉枯及莖腐 (黑骨病)。本病為空氣傳播性病害，病菌的主要傳播器官與侵染器官為胞囊與游走子，可經由空氣流動、風雨吹彈飛濺或人畜攜帶，於短期內傳播至鄰近地區；而帶菌種薯或種子則可經由運輸作業而傳播至非常遙遠的地區。又，本病在種薯運輸途中或儲藏期間，均可由病薯傳至健康種薯。該病菌喜冷涼潮濕環境，低溫高濕 (18-20℃，相對濕度 90%以上時) 之環境最適合發病；而陰冷降雨時病勢進展極為迅速，發病最為嚴重，如果栽培為感病品種又無事先防範，全園植株在得病後兩週內即可能會全部焦枯死亡，而且會波及相鄰與附近薯田。



圖一、馬鈴薯晚疫病之病徵

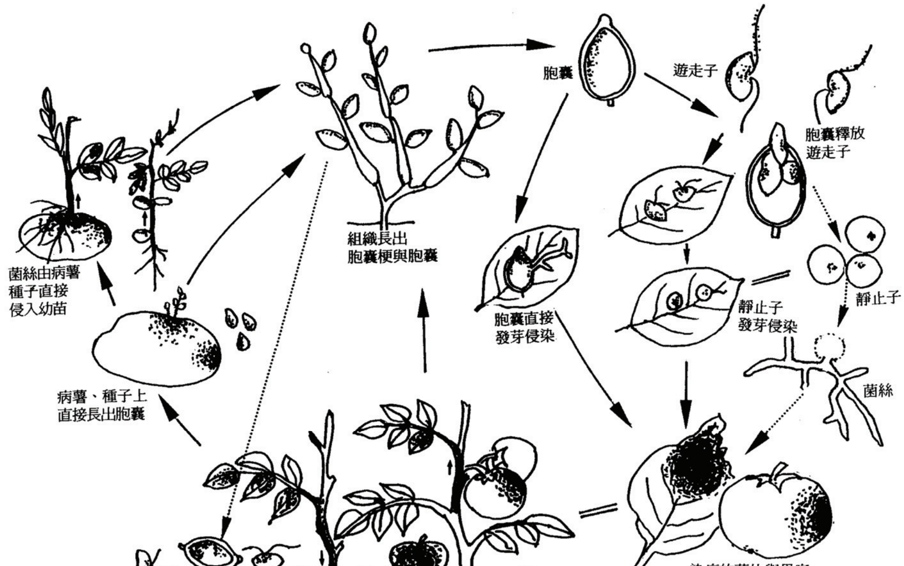
Fig. 1. Disease symptoms of potato late blight caused by *Phytophthora infestans*. (A). a disease field at Houli, Taichung in 1987; (B). infected potato tubers; (C). an infected plant; and (D). a lesion with sporangia on the leaf lower surface.



圖二、番茄晚疫病之病徵

Fig. 1. Disease symptoms of tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*. (A). an infected plant; (B). an infected stem; (C). an infected leaf; (D). infected blossom; and (E). infected fruits.

晚疫病之初次感染源來自帶菌種薯或土壤內罹病植株殘體中的菌絲與卵胞子。當環境合適時，病組織上長出胞囊，胞囊可釋放游走子，隨氣流與雨露飄落在健康組織上，發芽侵染馬鈴薯或番茄各部位，被感染之組織(主要為葉片背面) 約 3-5 天內即可長出大量胞囊，成為二次感染原，再向外擴散蔓延 (圖三)。完成一個無性世代，快則 3-5 天，可不經有性世代，循環不已。同絲型的晚疫病菌或與兩種不同配對型的晚疫病菌相遇時，會進行有性生殖，經減數分裂後，產生藏卵器與藏精器 (1N)，兩者結合後形成卵胞子 (2N)，進入休眠期，可存活 2~3 年，等環境合適時，發芽長出胞囊，再感染健康植株。



圖三、馬鈴薯與番茄晚疫病之疾病史(安繪)
Fig.3. The disease cycle of potato and tomato late blight caused by Phytophthora infestans

晚疫病在國內之發生情形與研究狀況

日人 Kawakami and Suzuki[25] 最早於 1908 年記載台灣的馬鈴薯與番茄發生晚疫病，1919 年 Sawada[26] 再增添兩種晚疫病菌之寄主植物，即耳

鈎草與龍珠。而後七、八十年來有關該病害與該菌之研究一直很少，正式報告亦不多(10,22)。究其原因，台灣地處熱帶與亞熱帶，大部分季節之氣溫均超過 25℃ (病菌生長溫度之上限)，不適合病害發生，在高冷地區，病害僅於夏季降雨較多時零星發生；在平地，亦僅在東北部於冬春季降雨時發生(一般為 12 月至翌春 4 月【清明節前後】)，由於病害輕微防治容易，因此未曾釀成重大災害。

直到 1997 年 12 月，冬季裡作的馬鈴薯栽培田，突然爆發嚴重的晚疫病，由后里地區迅速向四處擴散蔓延；同時間，番茄晚疫病亦是遍佈全國(5,14)。由於晚疫病一發生就如此猖獗，此現象與原因十分詭異。因而探討此次晚疫病大發生之原因與研擬防治策略，成為各界關注之焦點。

1997 冬季以後晚疫病在台灣大發生之原因探討

農試所與台灣大學為探究其病因，十多年來自各地分離晚疫病菌，至 2009 年為止，共採集 350 罹病田區，包括 101 馬鈴薯田與 249 番茄田，共獲得 1,581 株病菌，包括 409 馬鈴薯菌株田與 1,172 番茄菌株；將所有 1987 年之後分離到的新菌株與早年夏季自高山地區分離保存之晚疫病菌株 8 株作比較的結果顯示：新舊菌系均為 A^1 配對型，新舊菌系之胞囊大小與形態大致相似，但兩者之病原性、菌絲生長速率、生長溫度、抗藥性、及同種異型酶圖譜均有顯著之不同。新菌系可耐高溫達 27-(28)-29℃，舊菌系最高生長溫度僅有 25℃。於晚疫病菌最適生長溫度 20℃時，舊菌系每日直線生長速率平均為 0.42 mm，新菌系平均為 0.63 mm (其中 60 株之平均值)，約為舊菌系之 1.4 倍。舊菌系對滅達樂、依得利均無抗性，新菌系對達滅芬、亞拖敏、鋅錳歐殺斯、4-4 式波爾多液尚無抗藥性，但對滅達樂具強烈之抗性，滅達樂濃度 100 ppm 時，菌絲生長速率為對照處理之 61.4-145%。將其中 60 株新菌系測試，其對依得利亦有稍許抗性，濃度 10 ppm 時，菌絲生長速率為對照處理之 43.8-53%。新菌系對番茄、馬鈴薯均具強致病性，舊菌系之番茄菌株僅對番茄具病原性，馬鈴薯菌株則略對兩者具病原性。

進一步以同種異型酶譜、粒線體 DNA 限制片段長度多型性及 RG57 指紋圖譜等分子標記進行分析的結果顯示，隸屬舊菌系的 8 株晚疫病菌均為

Pep:92/100, Gpi:86/100，粒線體基因型為 Ib、RG57 指紋圖譜為 US-1。而 60 株代表新菌系之菌株皆為 Pep:100/100/111，Gpi:110/100，粒線體基因型為 IIb，且 RG57 指紋為 US-11 型或帶些微變異。由以上結果顯示，1997 年冬季以後出現在台灣平地之晚疫病為一新菌系，與先前存在本島高山地區之舊菌系完全不同，新菌系可能為由國外新侵入之單一菌系[(24)]。安與劉在 2008 年所進行的研究顯示，自**南投縣信義鄉**所收集的菌株之粒線體基因型均為 IIb，RG57 指紋圖譜為 US-11（劉,未發表資料），顯見目前新菌系幾乎已完全取代了舊有菌系。

結　語

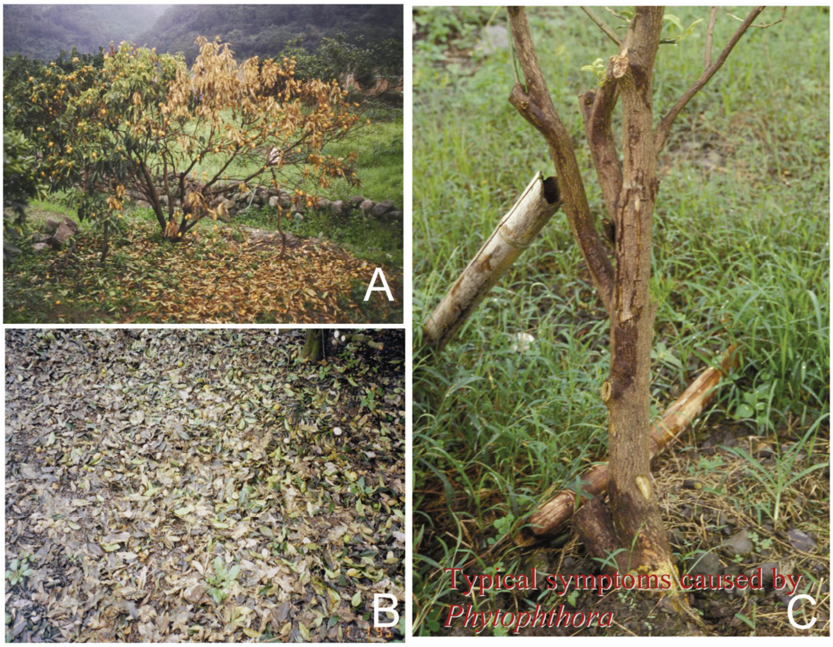
自 1980 年以來，馬鈴薯與番茄晚疫病病菌 A^2 與同絲型菌株逐漸出現於歐洲及世界其他各國，且迅速崛起，凌駕於 A^1 之上，接踵而來的是許多病害防治相關問題，包括 (1) 晚疫病菌 A^2 菌株的毒性 (致病力，virulence) 很強，在歐美各國造成嚴重疫情。(2) 抗藥菌株出現，增加防治成本。(3) 許多抗病品種失去了抗性，縮短了使用年限 (即抗病性很快就被破解)，增加了育種困難。這些都是因為田間有兩種不同配對型的馬鈴薯晚疫病病菌同時存在所造成的結果；A^1 與 A^2 菌株行有性生殖，使病菌有機會進行染色體重組與基因交換，而在田間產生更多新的生理小種與抗藥菌株。目前我國之番茄與馬鈴薯晚疫病病菌「均仍為 A^1 配對型，並無 A^2 配對型存在」[(11)]。為防範晚疫病菌 A^2 配對型之入侵，行政院農委會動植物防疫檢疫局已將晚疫病菌 A^2 配對型列為檢疫禁止輸入病菌。

金柑疫病

金柑流膠立枯病之發生與防治

宜蘭地區金柑 (kumquat, *Fortunella margarita* swingle)，於 1994-1996 年，發生植株枝枯、流膠、萎凋、死亡現象，尤其於颱風降雨過後，整區果園出現急速萎凋、落葉及落果（圖四），於 1-2 個月內大量死亡，嚴重者

全園廢耕[3, 7]。該病害於 1990 年代已零星發生，但於 1994 年才發病嚴重，蔓延至整個金柑栽培區，1995 年礁溪鄉更有高達 80%以上之果園罹病，景況十分淒慘。植株外觀病徵多出現於降雨後，冬春季亦偶有發生。一般病徵為：單一枝條初現枯萎現象，繼而葉片黃化脫落，罹病枝條伴隨流膠或無，自新梢嫩枝至直徑十公分粗之樹幹均可被侵染。病斑可向樹幹上下蔓延，如擴展至主幹，將導致全株死亡。有時，一株有數枝條同時發病，病勢進展即十分快速。植株死亡後，重植幼苗均出現相同病徵，無法成活。將罹病樹幹之表皮切開，可見組織褐變，與健康部位之界限不明顯，病斑縱向蔓延的速度較橫向蔓延為快，因而常有植株半側死亡。一般發病嚴重植株之根系亦嚴重腐敗，但大部分病徵僅到接穗部位即停止，因此常有罹病植株接穗部位死亡後，根砧部份長出新芽的情形。在調查同時，柑橘屬的植株，包括文旦、柳橙、桶柑、海梨柑等並未發生此種疫情，顯示引起病害的病原菌對金柑具有寄主專一性。



圖四、金柑疫病之病徵

Fig. 4. Disease symptoms of kumquat Phytophthora blight caused by *P. citrophthora*. (A). a serously infected trees with (B) fallen leaves and fruit; and (C).a infected young tree with gummosis and bleeding.

將罹病組織採回，經組織分離，出現較頻繁之菌種依序為：*Fusarium solani*, *Phytophthora citrophthora*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Pythium* spp. 及 *Penicillium* spp.。然而，經傷痍接種，僅有 *P. citrophthora* 可造成樹枝嚴重死亡與流膠，約有 90%之接種枝條出現病徵，病斑向基部蔓延，終至全株枯死;接種其他菌種者,僅有部份接種 *Fusarium* 與 *Lasiodiplodia theobromae* 之枝條壞疽，其餘均未發病。同時接種 *Phytophthora* 及 *Fusarium* 者，其病勢進展較單獨接種疫病菌者略為為快速。然而，無論有無接種 *Fusarium*，自接種疫病菌之發病枝條上均可分離出疫病菌與鐮胞菌，疫病菌多僅自病斑先端分離出，其他部位均被鐮胞菌纏據。

金柑一般以酸桔或廣東檸檬為砧木，將 *P. citrophthora* 金柑菌株直接接種於酸桔實生幼苗，僅引起接種部位壞疽，並不會造成植株死亡；同樣的，將金柑疫病菌接種於其他柑橘屬幼苗時(包括文旦、椪柑、桶柑與麻豆文旦)，亦僅造成接種部位枯萎，病斑長度蔓延到 5-10 cm 時即停止，並不會造成植株流膠或死亡，此與田間並未發現柑橘屬植株罹病之情形吻合。但將金柑疫病菌菌株接種於金柑/酸桔時，病斑可自金柑接穗擴展至酸桔砧木，造成全株死亡。此外，自病區採土，種植金柑/酸桔幼苗，一年後，80%以上之植株死亡；而種植於健土 (水田土) 之植株均未死亡。由於 *P. citrophthora* 為台灣柑橘之重要疫病菌之一，中部與北部地區的柑橘園內十分普遍[9]，因此將從柳橙、椪柑、桶柑、茂股柑及文旦分離的 *P. citrophthora* 接種於金柑幼苗，這些柑橘屬 *P. citrophthor*a 菌株僅引起輕微的芽葉枯萎，並不會導致金柑流膠、立枯及死亡結果，顯示為害金柑的 *P. citrophthora* 與為害柑橘屬的 *P. citrophthora* 並不相同[3]。

將發病輕微之金柑噴佈福賽得 (200X) 或鋅錳滅達樂 (1000X)，約每 2-4 星期一次，共施用 4-5 次，病株可逐漸恢復健康。而溫室金柑幼苗在噴灑亞磷酸 (1000 ppm) 兩次後，再接種疫病菌，病勢亦甚輕微，僅有壞疽斑。

金柑疫病菌之鑑定與病害發生原因

為瞭解金柑疫病之發生原因，自 1995 年至 2007 年一共調查 14 縣市 200 個芸香科植物果園，結果 23 果園分離到柑橘疫病菌 *P. citrophthora*，共獲

得 82 菌株，均為 A^1 配對型，其中 35 菌株分離自金柑，其他 47 菌株分離自柑橘屬(*Citrus* sp.)。金柑菌株(菌系)與柑橘屬菌株(菌系)的形態與生理特性大致相同，但仍有差異，包括兩者的菌落型態不同，在 PDA 上金柑菌株具有濃厚的氣中菌絲，柑橘菌系為平鋪的放射狀；金柑菌系產生的胞囊較多且對金柑的致病力較強。兩者之菌絲蛋白質電泳圖譜亦略有差異。兩者間 ITS1-5.8SrDNA-ITS2 的序列相同度達 97-98%，金柑菌系的 ITS 序列長度為 779 bp，彼此間相同度為 99-100%；柑橘屬菌系的 ITS 序列長度為 782-784 bp，主要為 783 bp，彼此間相同度亦為 99-100%。與柑橘屬菌系比較，所有金柑菌系在 ITS1 有 4 處鹼基對缺遺與 2 處鹼基置換，而在 ITS2 有 6 處鹼基置換。類緣分析結果顯示金柑菌系與柑橘屬菌系均各自歸為一群 (clade)，且兩者間之親緣關係較與其他寄主分離到的 *P. citrophthora* 為遠[12]。

結　語

綜合試驗結果，判定宜蘭地區金柑死亡之原因為：颱風豪雨導致枝幹受傷，同時將根部與土壤中之疫病菌攜帶至傷口，造成初次感染，而且土壤淹水後導致樹勢衰弱，助長 *Fusarium* 與 *Lasiodiplodia* 等菌之二次感染，造成植株於短時間內大量急速死亡。由於為害金柑的疫病菌 *P. citrophthora* 與為害柑橘屬的 *P. citrophthora* 在形態、病原性及分子特性有相當差異，作者認為近年台灣新發生之金柑疫病非由本土柑橘屬菌系引起[12]。

番椒疫病菌

番椒疫病菌的發現與病害

Phytophthora capsici Leonian (番椒疫病菌) 是茄科與葫蘆科作物的重要病原菌，在台灣的最早的記錄為高與呂氏於 1977 年報告 *P. capsici* 危害甜椒及茄子[6]。目前在我國已確定的 *P. capsici* 寄主有 17 屬 24 種作物 (表二)，重要者包括：甜椒、辣椒、chili pepper、番茄、茄子、西瓜、洋香瓜、康乃

馨、滿天星及胡椒科的枸醬等[8, 23]。*P. capsici* 主要為害作物的莖基部 (包括番椒、番茄幼苗、康乃馨、滿天星、枸醬) 與果實 (番椒、茄子、瓜類)，造成嚴重的經濟損失，尤其是連續降雨與颱風過後，病勢進展十分迅速，常造成全園廢耕（圖五＆六）。

表二、番椒疫病菌 *Phytophthora capsici* 在台灣之寄主記錄
Table 2. List of hosts of *P. capsici* found in Taiwan

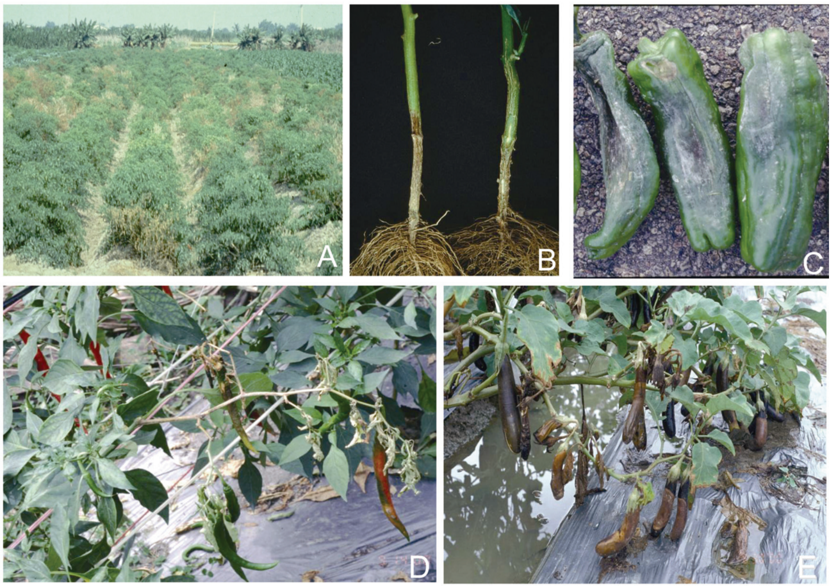
寄主植物	危害部位	經濟重要性[a]	分 佈	發現年代	最早文獻
番椒(含甜椒、辣椒、朝天椒等)	莖基部、果實、幼苗全株	+++	全台灣	1976	高與呂(1977)
茄子	果實	+++	全台灣	1977	高與呂(1977)
番茄	幼苗全株、莖、葉、果實	+++	全台灣	1981	呂與高(1981)
蘆薈	葉		南投	1981	呂與高(1981)
西瓜	果實	+++	所有栽培區	1981	呂與高(1981)
洋蔥	鱗片、莖		屏東	1981	呂與高(1981)
吊鐘花	莖、根		南投	1981	呂與高(1981)
枸醬	根、莖基、葉、果實	+++	南投、台南、台東	1981	呂與高(1981)
石竹	莖基、根	++	嘉義、南投	1981	呂與高(1981)
胡瓜	莖基、果實	++	嘉義	1983	張(1983)
康乃馨	莖基	+++	嘉義、南投	1987	安等(1988), Ann *et al*. (1990)
洋香瓜、美濃瓜	果實	+++	所有栽培區	1990	Ho (1990)
玩具南瓜	莖、果實		嘉義	1990	Ann and Ko (1990)
滿天星	莖基	+++	南投、台中	1990	Ann and Ko (1990), 安與劉 (1993)

寄主植物	危害部位	經濟重要性[a]	分 佈	發現年代	最早文獻
花豆	全株	+	台中、花蓮	1990	Ho (1990)
波斯菊			南投	1990	Ho (1990)
大理花	莖基	++	南投	1990	Ann and Ko (1990), Ann (2000)
龍葵			南投、台中	1995	陳與謝(1995)
南瓜	果實、莖、葉	+++	台中、南投	1996	安等(2010)
蒲瓜	果實、莖、葉	+++	台中	2009	安等(2010)
飄香籐	莖、花器、葉	++	彰化	2009	安等(2010)
羅勒	莖基部	+	南投	2010	安 (未發表)
冬瓜	果實、莖、葉	+++	台中	2010	安 (未發表)

a. 經濟重要性：+++，重要；重要；++，中等；+，輕微。

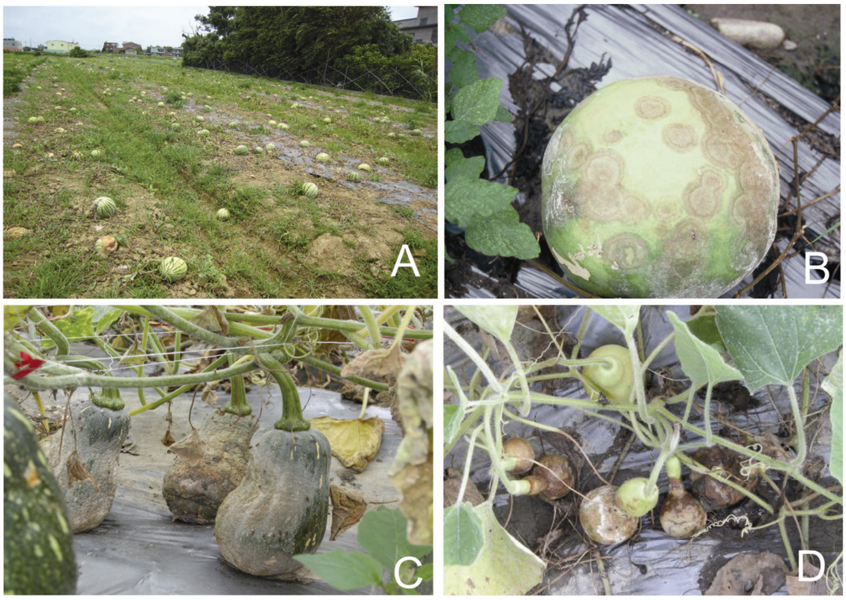
番椒疫病菌同絲型 (偏 A2) 菌系的崛起

自從 *P. capsici* 在台灣浮現後，30 年來所有出現在我國的 *P. capsici* 均為 A^1 配對型， 直到 2007 年 4 月，在台中霧峰地區的茄子果實上首次同時分離到 A^1 與 A^2 配對型的 *P. capsici*，為台灣最早出現 *P. capsici* A^2 的記錄(2)；同年 6 月則在番茄病株上檢出 A^2 型的 *P. capsici*，同年在其他作物上分得的菌株仍為 A^1 配對型。次年，2008 年 A^2 型的新增加寄主為番椒與甜椒，該年 A^1 與 A^2 型 *P. capsici* 菌株的分離比為 9 (25%)：27 (75%)。2009 年 *P. capsici* A^2 的寄主範圍更擴增至各種觀賞辣椒、瓜類 (包括南瓜與扁蒲)、荖葉及觀賞植物飄香藤；該年 A^1 與 A^2 型菌株的分離比率為 6 (11.7%)：46 (87.2%)。2010 年更在冬瓜、羅勒等作物亦分離到 A^2 菌系的 *P. capsici*，分離到 A2 菌系的比率高達 96.5%，目前除了東部地區及高山地區尚可分離到 A^1 型外，其他地區的 *P. capsici* 已完全被 A^2 型取代，A^2 型已逐漸成為 *P. capsici* 在台灣的優勢配對型(4)。爾後發現，該 A^2 菌系並非 "標準 A^2" 配對型，所有所謂的 A^2 菌株在單獨培養 20-30 天後，均可形成為數不少的卵胞子，應歸類為同絲型，但它如果與 A^1 菌株配對後則可於 6 天內形成大量卵胞子，可以說是偏 A^2 型的同絲型(簡稱同絲型偏 A^2)。



圖五、番椒疫病為害茄科作物時之病徵

Fig. 5. Disease symptoms of Solanaceae corps caused by *Phytophthora capsici*. (A). a seriously infected pepper field; (B) basal stem rot and (C). fruit rot of sweet peppers; (D) fruit and stem rot of pepper; and (E) fruit rot of egg plant.



圖六、番椒疫病為害葫蘆科作物時之病徵

Fig. 6. Disease symptoms of cucurbit crops caused by *Phytophthora capsici*. (A). a seriously infected watermelon field and (B) a fruit with many diseased lesions; (C). squash fruit rot; and (D) bottle gourd fruit rot.

番椒疫病菌同絲型(偏 A^2)菌系之特性

在形態方面,兩配對型的有性器官的形態與大小亦十分相近,同絲型(偏 A^2)菌株的藏卵器、卵胞子及藏精器平均大小分別為 32-39 µm,26-33 µm,11-18 × 12-17 µm (A^1 為 32-37 µm,26-33 µm,11-18 × 12-17 µm)。然而在無性生殖方面,同絲型(偏 A^2)形成的胞囊數量較多,胞囊多為橄欖形、檸檬形或常橢圓形,乳突明顯、單一或雙乳突,胞囊較狹長、長寬比 (L/B) 為 1.6-1.8 (A^1 為 1.3-1.5),胞囊脫落率較高、胞囊柄 (pedicels) 較長,平均 40-58 µm (A^1 約為 5-10 µm),胞囊大小平均 57-64 × 34-40 µm (A^1 為 60-61 × 40-44 µm)。在溫度反應方面,兩種配對型菌絲生長時對溫度的反應與最適溫度均相似,為 8-12-(24-28)-36℃;在影響產胞方面,同絲型(偏 A^2)菌系較嗜高溫 (最適溫為 28-32℃,A^1 菌系為 24℃)。

在滅達樂耐性方面,大部分 A^1 與同絲型(偏 A^2)菌株均不具抗性,但極少部份具高抗性,在 100 ppm 高濃度下幾無抑制。

在病原性方面,與 A^1 菌株相比較,同絲型(偏 A^2)菌株對蕃茄、甜椒、茄子的毒性均較強,發病率較高、病徵出現較早且病勢進展較快。此外將 A^2 菌株接種於番茄與甜椒組織時,亦會產生大量的卵胞子,有利該菌在田間的存活,提升其競爭力,與其成為優勢種有關。

此外,分析 A^1 與同絲型(偏 A^2)菌系之核醣體內轉錄區間的 DNA 序列發現,其 ITS1-5.8S rDNA-ITS2 序列全長均為 753 bp,所有菌株僅有 6 處多型 (dimorphic) 或相異,相似度高達 99.2-100%,同絲型 (偏 A^2) 菌系間可以分為 3 群;分析 β 微管蛋白的部份 DNA 序列(長度為 651 bp),僅有 8 處相異,相似度高達 98%以上,同絲型(偏 A^2)菌系可以分為 9 群。從以上特性尚無法判斷台灣 A^2 菌株崛起之原因 [4]。

結　語

目前台灣的番椒疫病菌之田間菌相已由 A^1 配對型逐漸轉換成同絲型(偏 A^2)菌系, 由於所有的同絲型偏 A^2 菌系較嗜高溫,其毒性均較 A^1 菌系為強,發病較早,病勢進展較快。由於田間出現同絲型菌株,或同時

出現同絲型與 A^1 菌系，田間菌株間進行有性生殖的機會大增，菌株間基因互換與重組的機率亦相對提高，病菌演化速率加快，對我國茄科與葫蘆科作物的危害將更大。

結　論

疫病為世界上最重要的植物病害之一，目前新種與新菌系持續增加，並在國際間造成重大疫情，導致經濟與生態上的重大損失。為防範疫病的危害，除了要掌握病害在國際上的發生動態外，亦要對重大疫病菌建立快速精準的診斷鑑定流程，開發經濟有效的防治技術，以保護國內作物之健康生長。

參考文獻

1. 安寶貞、王姻婷、黃晉興、蔡志濃、王三太. 2008a. 莧菜疫病. 植病會刊 17:69-70.
2. 安寶貞、王姻婷、蔡志濃. 2008b. 台灣出現 A^2 配對型的 *Phytophthora capsici*. 植病會刊 17:69. (摘要)
3. 安寶貞、吳雅芳、林慶元. 1997. 宜蘭地區金柑急速萎凋死亡病因之探討與病害防治. 植病會刊 6:198. (摘要)
4. 安寶貞、邱燕欣、王姻婷、蔡志濃. 2010. A^2配對型 (或同絲偏A^2型) *Phytophthora capsici*在台灣之崛起及與A^1型特性之差異. 植病會刊 19: 78. (摘要)
5. 安寶貞、張東柱、蔡志濃. 1998. 臺灣晚疫病菌(1998 年前後)新舊菌系特性之比較. 植病會刊 7: 209. (摘要)
6. 呂理燊、高清文. 1981. *Phytophthora capsici* 引起之甜椒及辣椒之疫病. 植保會刊 23:59-66。
7. 邱安隆、林慶元、安寶貞. 2002. 金柑疫病菌之生態與防治. 植保會刊 44:366-367.

8. 徐世典等. 2002. 台灣植物病害名彙 (第四版). 中華民國植物病理學會出版. 台中. 386 頁。
9. Ann, P. J. 1984. Species, mating types and pathogenicity of *Phytophthora* distributed in citrus orchards in Taiwan. Trans. Br. Mycol. Soc. 82:631-634.
10. Ann, P. J., Chang, T. T., and Chern, L. L. 1998. Mating type distribution and pathogenicity of *Phytophthora infestans* in Taiwan. Bot. Bull. Acad. Sin. 39:33-37.
11. Ann, P. J., Tsai, J. N., Wang,T.C., Chen, C. H., Lin, M. J. & Ko, W. H. 2010. Reevaluation of the report of A^2 mating type of *Phytophthora infestans* on tomato in Taiwan. Botanical studies 51: 203-207.
12. Ann, P. J., Wang, I. T. Tsai, J. N. and Liou, R. F. 2008. (S2.9) Comparison of isolates of *Phytophthora citrophthora* attacking *Fortunella margarita* (Kumquat) and *citrus* species in Taiwan. J. Plant Pathol. 90 (2, Supplement), S2. P.445 (Abstract)
13. Brasier, C. 2009. *Phytophthora* biodiversity: How many *Phytophthora* species are there? p. 101-115 in "Phytophthoras in forests and natural ecosystems, Proceedings of the Fourth Meeting of IUFRO Working Party S07.02.09", August 26–31, 2007, Monterey, California.
14. Deahl, K. L., Cooke, L. R., Black, L. L., Wang, T. C., Perez, F. M., Moravec, B. C., Quinn, M. and Jones, R. W. 2002. Population changes in *Phytophthora infestans* in Taiwan associated with the appearance of resistance to metalaxyl. Pest Manag. Sci. 58:951-958.
15. De Bary, A. 1876. Researches into the nature of the potato fungus, *Phytophthora infestans*. J. Roy. 2gric. Soc., Ser. 2, 12:239-269. (Abstract)
16. Erwin, D. C., and Ribeiro, O. K. 1996. *Phytophthora* Diseases Worldwide. APS press, St. Paul. Minnesota, 562 pp.
17. Fry, W. E., and Goodwin, S. B.1997. Re-emergence of potato and tomato late blight in the United States. Plant Dis. 81:1349-1357.
18. Galindo, A. J., and Gallegly, M. E.1960. The nature of sexuality in

Phytophthora infestans. Phytopathology 50:123-128.

19. Gallegly, M. E., and Hong, C. 2008. Phytophthora: Identifying species by morphology and DNA fingerprints. APS press, St. Paul. Minnesota, 158 pp.
20. Goodwin, S. B., Drenth, A., and Fry, W. E. 1992. Cloning and genetic analyses of two highly polymorphic, moderately repetitive nuclear DNAs from *Phytophthora infestans*. Curr. Genet. 22:107-115.
21. Griffith, G. H., and Shaw, D. S.1998. Polymorphisms in *Phytophthora infestans*: four mitochondrial haplotypes are detected after PCR mplification of DNA from pure cultures or from host lesions. Appl. Environ. Microbiol. 64:4007-4014.
22. Hartman, G. L., and Huang, Y. H 1995. Characteristics of *Phytophthora infestans* isolates and development of late blight on tomato in Taiwan. Plant Dis. 79: 849-852.
23. Ho, H. H., Ann, P. J., and Chang, H. S. 1995. The Genus *Phytophthora* in Taiwan. Acad. Sin. Mo. Ser. 15. 86 pp.
24. Jyan, M. H., Ann,P. J., Tsai, J. N., Hsih, S. D., Chang,T. T. and Liou, R. F. 2004. Recent occurrence of *Phytophthora infestans* US-11 as the cause of severe late blight on potato and tomato in Taiwan. Can. J. Plant. Pathol. 26:188-192.
25. Kawakami, T., and Suzuki, R 1908. List of fungi on cultivated plants of Formosa, Part I. Bull Agric. Exp. Sta. Gov. Formosa. 1: 1-64.
26. Sawada, K.1919. Descriptive catalogue of the Formosa fungi I. Bull Agric. Exp. Sta. Gov. Formosa. 19:74-80. (in Japanese)
27. Tooley, P.W., Fry, W.E., and Villarreal Gonzalez, M.J.1985. Isozyme characterization of sexual and asexual *Phytophthora infestans* population. J. Heredity 76:431-435

ABSTRACT

Studies on three important Phytophthora diseases in recent year in Taiwan

Ann Pao-jen [1,3]、Liou, Ruey-Fen [2]、Tsai, Jyh-Nong[1]

[1] Plant Pathology Division, Taiwan Agricultural Research Institute, COA;

[2] Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University

[3] Corresponding author, Email: pjann@tari.gov.tw

Phytophthora deBary are important plant pathogens distributed world wide. Currently, there are about hundreds good species of *Phytophthora* have been formally described and documented in the world. Among them 30 species are distributed in Taiwan. Some of them have caused severe economic loss in recent year, including that (1) *Phytophthora infestans* US11 caused potato and tomato late blight since 1997；(2) a new strain of *P. citrophthora* induced kumquat blight and decline from 1985 through to 1987; and (3) the homothallic strain (with A^2 tendency) of *P. capsici* appeared and attacked solanaceae and cucurbit crops seriously since 2007.

Key words：important Phytophthora diseases, Phytophthora late blight, kumquat, solanaceae, cucurbit, *Phytophthora infestans* US11, *P. citrophthora*, homothallic *P. capsici.*